

8 Стальные плантаторы [Электронный ресурс] / Сайт NBS Source – <https://source.thenbs.com/product/aquaplanter-sustainable-drainage-systems-suds-planters-steel/usahbDKD5QGbmPqovxzJd5/iBN3Cv4kxrhWr7mpXnkeiA>

9 Плантаторы дождевой воды [Электронный ресурс] / Сайт EMSWCD – [https://wiki.sustainabletechnologies.ca/wiki/Stormwater\\_planters](https://wiki.sustainabletechnologies.ca/wiki/Stormwater_planters)

10 Плантаторные установки BNG [Электронный ресурс] / Сайт BioScapes – <https://bioscapes.co.uk/suds-unit/>

УДК: 504.4.062.2

### **Анализ методов обеззараживания природных вод**

Шилкова Е. М.

Научный руководитель Лемеш М. И., ст. преподаватель

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

*Выбор метода обеззараживания природных вод связан с необходимостью оценки влияния множества факторов (например, пролонгированное антимикробное действие; безопасность для человека и животных; экономическая выгода), а также проведения предварительных технико-экономических расчетов с учетом производительности станции, качества природной воды, технологии водоподготовки, размещения сооружений водоподготовки, автоматизации процессов.*

Природные воды, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, должны иметь благоприятные органолептические свойства, быть безвредными по химическому составу и безопасными в санитарно-эпидемиологическом отношении. Перед производителями питьевой воды стоит задача обеспечения ее эпидемической безопасности, т. е. достаточной степени обеззараживания.

Питьевая вода – это вода, которая соответствует установленным нормативам качества как в своем естественном состоянии, так и после водоподготовки и предназначена для потребления человеком в питьевых и бытовых целях. Для питьевых целей используются поверхностные и подземные воды. В Республике Беларусь в основном в качестве источника водоснабжения применяют подземные воды, но в городе Минске используется и поверхностные воды (Вилейское водохранилище), и подземные воды. В поверхностных водах всегда присутствует целое сообщество разнообразных микроорганизмов. Подземные воды, как правило, безопасны в бактериологическом отношении.

Для обеспечения здоровья и безопасности населения с микробиологической точки зрения на конечной стадии водоподготовки необходимо производить обеззараживание воды. Обеззараживание воды — это процесс удаления или уничтожения патогенных микроорганизмов, таких как бактерии, вирусы и паразиты, чтобы сделать воду безопасной для питья и других нужд [1-5]. В данной статье рассмотрен ряд методов обеззараживания природных вод, таких как:

1) реагентные методы:

- хлорирование;
- озонирование;
- йодирование;
- олигодинамия (обработка воды ионами серебра);

2) безреагентные методы:

- термический метод (кипячение);
- ультрафиолетовое (УФ) облучение;
- ультразвук;
- электрический разряд.

Для реагентных способов обеззараживания питьевой с целью достижения стойкого обеззараживающего эффекта необходимо правильно определить дозу вводимого реагента и обеспечить достаточную длительность его контакта с обрабатываемой водой. Доза реагента определяется в соответствии с требованиями нормативной литературы в результате пробного обеззараживания или расчетными методами.

Для безреагентных методов необходимо подвести к единице объема воды заданное количество энергии, определяемое как произведение интенсивности воздействия (мощности излучения) на время контакта.

Во многих случаях наиболее эффективным оказывается комбинированное применение реагентных и безреагентных методов обеззараживания воды.

**Хлорирование** один из наиболее часто используемых методов обеззараживания. Может производиться газообразным хлором и хлорсодержащими реагентами. В последнее время широко используется гипохлорит натрия.

К преимуществам можно отнести высокую эффективность в уничтожении большинства патогенных микроорганизмов, включая бактерии и вирусы, а также относительную простоту и низкую стоимость процесса. Хлорирование также позволяет обеспечить длительное сохранение воды в чистом состоянии благодаря остаточному хлору, который продолжает действовать после обработки.

Однако у этого метода есть и недостатки. Хлорирование может приводить к образованию побочных продуктов, которые могут быть вредны

для здоровья. Кроме того, хлор может вызывать неприятный запах и вкус воды, что снижает ее приемлемость для потребителей. Наконец, эффективность хлорирования может снижаться в присутствии органических веществ и при высоких температурах, что требует дополнительных мер контроля качества воды.

**Озонирование** — это метод обеззараживания природной воды, который использует озон ( $O_3$ ) в качестве окислителя для уничтожения микроорганизмов, вирусов и других загрязняющих веществ. Озон генерируется с помощью озонаторов, которые используют электрический разряд для преобразования кислорода ( $O_2$ ) в озон ( $O_3$ ). Затем озон вводится в обрабатываемую воду.

Достоинства озонирования:

- **эффективность;**
- **в отличие от хлора, озон не оставляет токсичных остатков в воде, так как быстро разлагается;**
- **улучшение качества воды: озонирование улучшает органолептические показатели качества воды, снижает цветность воды, улучшает процессы коагулирования коллоидных веществ;**
- **экологичность: озон является природным газом и не загрязняет окружающую среду.**

Недостатки метода:

- **озонаторы и оборудование для озонирования являются дорогими в установке и обслуживании;**
- **необходимость в точном контроле за концентрацией озона, так как его избыток может быть токсичным для человека;**
- **необходимо также соблюдать особые меры предосторожности: озонородушные смеси взрывоопасны;**
- **озон обладает высокой коррозионной активностью, необходимо все элементы и трубопроводы озонаторной установки выполнять из нержавеющей стали;**
- **озон не обеспечивает длительной защиты, так как быстро разлагается;**

В целом, озонирование является эффективным методом обеззараживания воды, но требует тщательного контроля и является дорогостоящим методом.

**Йодирование.** Обеззараживание природной воды йодированием — это метод, основанный на использовании йода или его соединений для уничтожения патогенных микроорганизмов в воде. Этот метод часто применяется в условиях, когда нет доступа к чистой питьевой воде, например, в походах или в чрезвычайных ситуациях.

Йод обладает антимикробными свойствами и способен разрушать клеточные стенки бактерий, вирусов и других микроорганизмов. При добавлении йода в воду происходит его растворение, что приводит к образованию активных форм, способных убивать патогены. Достоинства:

- **эффективность: йод эффективно уничтожает широкий спектр микроорганизмов, включая бактерии, вирусы и простейшие;**

- **доступность;**

- метод не требует сложного оборудования и может быть использован в полевых условиях.

**К недостаткам данного метода можно отнести:**

- обработанная йодом вода может иметь неприятный вкус и запах;

- может возникнуть аллергия на йод;

- ограниченное время хранения;

- неэффективность против некоторых патогенов.

В целом, йодирование является полезным методом обеззараживания воды, но его следует использовать с осторожностью и учитывать возможные ограничения.

**Олигодинамия** – обеззараживание воды посредством воздействия на нее благородных металлов. Как правило, рассматривают три металла – золото, медь и серебро. Наиболее распространенным является применение серебра. Серебро может вводиться в виде растворов солей либо методом электрохимического растворения, а также посредством контакта воды с металлическим серебром. Научно доказано, что серебро в ионном виде обладает бактерицидным, противовирусным, выраженным противогрибковым и антисептическим действием и служит высокоэффективным обеззараживающим средством в отношении патогенных микроорганизмов. Однако этими свойствами оно обладает при достаточно высоких концентрациях серебра, около 0,015 мг/л. При низких концентрациях ( $10^{-4}$ ... $10^{-6}$  мг/л), серебро только останавливает рост бактерий, но не убивает их [5]. Спорообразующие разновидности микроорганизмов к серебру практически нечувствительны.

Получаемая «серебряная вода» содержит ионы серебра и является эффективным веществом для обеззараживания и консервирования питьевой воды. Но следует учитывать, что серебрение воды, во-первых, дорогой метод обеззараживания, во-вторых, как и большинство тяжелых металлов, серебро медленно выводится из организма и при его постоянном поступлении в высоких концентрациях может накапливаться. При длительном накоплении серебра возможно проявление признаков различных заболеваний. Выбирая серебро в качестве обеззараживающего вещества, можно отметить его высокую эффективность, а также

предотвращение от вторичного загрязнения. Но данный метод дорогой, применяется для обеззараживания малых объемов воды.

**Кипячение** – самый старый и один из простейших методов обеззараживания природной воды. Он заключается в нагревание воды до точки кипения (100°C) и кипячении в течение 10 минут.

Среди преимуществ кипячения можно выделить его простоту и доступность. Кипячение эффективно уничтожает большинство патогенных микроорганизмов, включая бактерии, вирусы и простейшие. Кроме того, этот метод не требует специальных химических веществ, что делает его безопасным для использования.

Однако этот метод в практике водоподготовки широко не применяется из-за своих недостатков. Во-первых, этот метод требует значительных затрат времени и энергии, так как необходимо довести воду до кипения и поддерживать её в этом состоянии в течение определённого времени. Во-вторых, кипячение не удаляет химические загрязнители, такие как тяжелые металлы или пестициды, что может быть критично в некоторых случаях. Кроме того, не все микроорганизмы, такие как споры некоторых бактерий, могут быть уничтожены при кипячении, что снижает эффективность метода. В-третьих, не предотвращает вторичное бактерицидное загрязнение воды. Этот метод используется для обеззараживания малых объемов воды: в быту, полевых условиях, лабораториях, малых водоочистных установках и других подобных случаях. Для этого типа обеззараживания могут использовать специальные типы кипяtilьников.

**Ультрафиолетовое (УФ) облучение.** Обеззараживание воды ультрафиолетом (УФ) — это метод, основанный на использовании ультрафиолетового излучения для уничтожения микроорганизмов, таких как бактерии, вирусы и простейшие. Обеззараживание происходит за счет воздействия ультрафиолетового света на ДНК или РНК микроорганизмов, что приводит к их инактивации. УФ-лампы излучают свет в диапазоне 200-300 нм, что является наиболее эффективным для уничтожения патогенов.

Достоинства метода:

- эффективно уничтожает до 99,9% микроорганизмов;
- метод не требует добавления химических веществ;
- процесс обеззараживания происходит быстро, обычно в течение нескольких секунд;
- экологичность: ультрафиолетовое обеззараживание не загрязняет окружающую среду и не оставляет следов в воде.

К недостаткам метода можно отнести:

- не обеспечивает защиту после обработки, так как не обладает пролонгированным действием;

– эффективность метода может снижаться при наличии мутности, органических веществ или других загрязнителей, которые могут блокировать УФ-излучение;

– некоторые споры и вирусы могут быть менее чувствительны к УФ-излучению;

– ультрафиолетовые установки требуют бесперебойного электроснабжения для работы.

**Ультразвуковое обеззараживание** является одним из методов обеззараживания воды, который использует кавитацию, вызванную ультразвуковыми колебаниями. Кавитация – процесс возникновения в жидкости массы пульсирующих газовых пузырьков. При воздействии ультразвуковыми колебаниями наблюдается рост кавитационного пузырька до максимального размера. Затем пузырек захлопывается, создавая ударные волны с высоким импульсным давлением. Ударная волна приводит к разрушению клеточных оболочек микроорганизмов и их гибели. Ключевой особенностью этого метода является то, что его бактерицидное действие сильно зависит от интенсивности ультразвуковых колебаний. Ультразвуковое воздействие убивает большинство микроорганизмов при интенсивности излучения не менее  $2 \text{ Вт/см}^2$  и времени обработки не менее 5 мин. Работа генератора ультразвука требует большого расхода энергии и не обладает пролонгированным эффектом. Этот метод, также как и кипячение, используется для обеззараживания малых объемов воды.

Для полного уничтожения патогенной микрофлоры, включая некоторые споры и грибы, требуется значительное количество поглощенной энергии, что может быть затруднительно в некоторых случаях. Поэтому для более эффективного применения часто используется комбинированный подход, сочетающий ультразвуковую обработку с УФ-облучением.

**Обеззараживание электрическим разрядом** — это метод, основанный на использовании электрического тока для уничтожения микроорганизмов, таких как бактерии, вирусы и другие патогены, находящиеся в воде. При пропускании электрического тока через воду происходит ионизация, что приводит к образованию активных форм кислорода и других окислителей. Эти вещества способны разрушать клеточные стенки микроорганизмов, что приводит к их гибели. В процессе используются электроды, которые могут быть выполнены из различных материалов, устойчивых к коррозии. Они создают электрическое поле, которое способствует обеззараживанию. К недостаткам метода можно отнести повышенный расход электроэнергии.

Выбор метода обеззараживания воды зависит от различных факторов, таких как эффективность, стоимость, доступность и влияние на качество воды. Наиболее распространенными методами обеззараживания для

станций водоподготовки являются хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение.

Хлорирование является одним из самых распространенных методов, обеспечивающим эффективное уничтожение бактерий и вирусов, однако может приводить к образованию побочных продуктов, которые могут быть вредны для здоровья и ухудшить органолептические показатели воды. Ультрафиолетовое облучение эффективно уничтожает микроорганизмы без добавления химических веществ, но требует предварительной водоподготовки и не обладает пролонгированным действием. Озонирование также эффективно, так как озон обладает сильными окислительными свойствами, однако его использование требует специального дорогостоящего оборудования и также не предотвращает вероятность вторичное загрязнение воды.

Поверхностные воды всегда характеризуются наличием патогенных микроорганизмов и вирусов. Наиболее часто в качестве метода обеззараживания таких вод применяется хлорирование, так как данный метод обладает пролонгированным действием и предотвращает вероятность развития вторичного загрязнения. Последнее время для обеззараживания поверхностных вод широко используется гипохлорит натрия.

Подземные воды, как правило, безопасны в бактериологическом отношении, но при применении безнапорных скорых фильтров, а так же для обеспечения безупречного качества воды предусматривается также обеззараживание. В качестве метода можно применять и хлорирование, однако, для того, чтобы не допустить ухудшения органолептических показателей, целесообразнее использовать ультрафиолетовое облучение или озонирование.

### Литература

1. Международная студенческая научная конференция [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://scienceforum.ru/2017/article/2017038575\\_](https://scienceforum.ru/2017/article/2017038575_) – Дата доступа: 09.12.2024
2. РИА Новости [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ria.ru/20091028/191037571.html> – Дата доступа: 09.12.2024
3. AQUA THERM [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_379.html](https://aqua-therm.ru/articles/articles_379.html) – Дата доступа: 09.12.2024
4. GLOBAL AQUA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://global-aqua.ru/metody-i-tekhnologii/obezzarazhivanie-vody.html> – Дата доступа: 10.12.2024

5. NEPTUN. Водные системы [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<https://neptunfilter.ru/articles/water-disinfection-methods/> – Дата доступа:  
10.12.2024